

УДК 581.19:577.152.2

Е. В. Прадедова, Р. К. Салаяев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Сибирский институт физиологии и биохимии растений
Сибирского отделения Российской академии наук,
664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 132,
praded@sisfibr.irk.ru

ВЛИЯНИЕ БИОТИЧЕСКОГО ФАКТОРА НА СИСТЕМУ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ВАКУОЛИ КЛЕТОК КОРНЕПЛОДОВ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ

Ключевые слова: *Beta vulgaris* L., вакуоль, биотический стресс, ферменты антиоксидантной защиты.

Сложная многоуровневая система антиоксидантной защиты сосредоточена во всех компартментах растительной клетки [1]. Ферментам, относимым к этой системе, таким как каталаза (CAT, КФ 1.11.1.6), пероксидаза III класса (POX, КФ 1.11.1.7), супероксиддисмутаза (SOD, КФ 1.15.1.1) и глутатионредуктаза (GR, КФ 1.8.1.7), уделяется большое внимание. Они активно исследуются в случаях воздействия на растительные организмы разнообразных стрессорных факторов, так как прямым или опосредованным способом контролируют концентрацию активных форм кислорода (АФК) и регулируют таким образом окислительно-восстановительное состояние клеток.

В центральной вакуоли также сосредоточена многокомпонентная антиоксидантная система. Некоторые ферменты антиоксидантной защиты, обнаруженные в вакуолях, до сих пор недостаточно изучены [2]. В связи с этим представлялось целесообразным исследование активности и изоферментного состава вакуолярных SOD, GR и POX, при поражении растения патогенными микроорганизмами. Объектом исследования служили корнеплоды столовой свеклы (*Beta vulgaris* L.), зараженные (естественным путем) грибными и бактериальными патогенами в период физиологического покоя. Поражение корнеплодов комплексом микроорганизмов при нарушении условий хранения называется кагатной гнилью. Она приводит к существенным потерям урожая сахарной и столовой свеклы [3].

У пораженных микроорганизмами корнеплодов, как было установлено в ходе исследования, в вакуолях существенно повышалась активность всех указанных ферментов. Активность вакуолярной SOD в опытных вариантах возрастала почти в 2 раза по сравнению с контрольными вариантами, которыми служили корнеплоды без видимых признаков заболевания. Тогда, как в тканях корнеплодов активность фермента (общеклеточного или тотального, tSOD) практически не изменялась. При этом количество изоформ SOD у опытных и контрольных корнеплодов совпадало (данные не приводятся). Следует заметить, что в вакуолях были выявлены три изоформы Cu, Zn-SOD, а в тканях tSOD была представлена одной изоформой Mn-SOD, одной изоформой Fe-SOD и тремя изоформами Cu,Zn-SOD [4]. Практически в 3 раза повышалась активность GR в вакуолях инфицированных корнеплодов. Возрастала активность и tGR (общей GR клетки). В то же время изоферментный состав GR, который был представлен двумя изоформами, оставался неизменным (данные не приводятся).

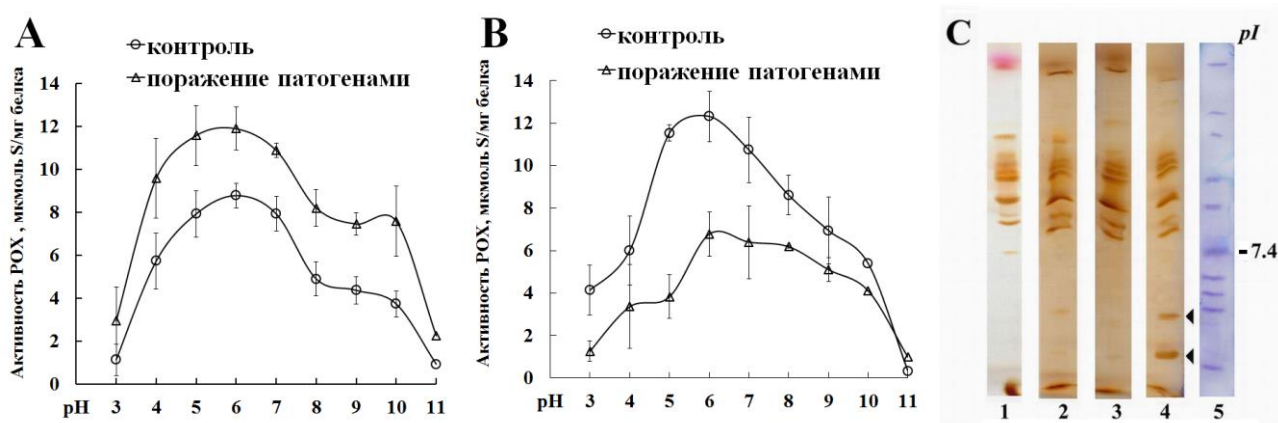


Рисунок. Активность пероксидазы (РОХ) (А) в вакуолях и (В) в экстрактах ткани. (С) Изменение изоферментного состава: 1 – в вакуолях, контрольный вариант; 2 – в вакуолях, опытный вариант; 3 – в экстрактах ткани, контрольный вариант; 4 – в экстрактах ткани, опытный вариант. Стрелками обозначены индуцибельные катионные изоформы

В вакуолях корнеплодов, пораженных микроорганизмами, также возрастала активность РОХ (в среднем в 1,5 раза) (рисунок, А). Поскольку РОХ в растительной клетке представлена широким спектром изоформ, большое значение имели оптимумы pH для ферментативной активности. Они были одинаковыми для активности РОХ вакуолей опытных и контрольных вариантов и соответствовали pH 5.0 и 6.0. Возможно, это обусловлено отсутствием изменений в изоферментном составе РОХ (рисунок, С). Противоположную картину наблюдалась в случае с tРОХ (общей РОХ клетки). Наряду с выраженным понижением активности tРОХ (в среднем в 2 раза), смещался оптимум pH к более высокому значению (к pH 6.0) (рисунок, В). При этом количество изоформ tРОХ увеличивалось. Появлялись две индуцибельные катионные изоформы (рисунок, С). Так как в вакуолях активация индуцибельных катионных изоформ не выявлена, можно предположить, что основным местом их локализации служил апопласт.

В целом, активация ферментов антиоксидантной защиты у пораженных микроорганизмами корнеплодов свидетельствовала об усилении окислительных процессов в вакуолярном компартменте. Одновременное повышение активности SOD и РОХ позволяло предположить активную генерацию/утилизацию H_2O_2 . Известно, что усиленное производство H_2O_2 , называемое окислительным взрывом – защитная реакция от патогенов. Кроме того, генерируемые АФК играют роль сигнальных интермедиатов. В связи с этим можно заключить, что ферменты антиоксидантной защиты, локализованные в вакуолях, вносят весомый вклад в защитные реакции растительной клетки при действии биотических факторов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (№ 14-44-04059).

Список литературы

1. Kolupaev Y. E., Karpets Y. V., Kabashnikova, L. F. // Applied Biochemistry and Microbiology. 2019. Vol. 55. P. 441–459.
2. Peshev D., Vergauwen R., Moglia A. et al. // Journal of Experimental Botany. 2013. Vol. 64. P. 1025–1038.
3. Lipa J. J. // Journal of Plant Protection Research. 2009. Vol. 49. P. 335–346.
4. Pradedova E. V., Isheeva O. D., Salyaev R. K. // Biochemistry (Moscow), Supplement Series A. 2009. Vol. 3. P. 24–32.